

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3325961 A1**

⑤1 Int. Cl. 3:
H04R 17/00
H 01 L 41/18
H 01 L 41/04

⑳ Aktenzeichen: P 33 25 961.5
㉔ Anmeldetag: 19. 7. 83
㉕ Offenlegungstag: 31. 1. 85

DE 3325961 A1

㉚ Anmelder:
Hohm, Dietmar; Sessler, Gerhard M., Prof.
Dr.rer.nat., 6100 Darmstadt, DE

㉚ Erfinder:
gleich Anmelder

⑤4 Kapazitive Wandler auf Siliziumbasis mit Siliziumdioxid-Elektret

Bei kapazitiven elektroakustischen oder akustoelektrischen Wandlern wird als schwingungsfähige Platte oder Membran Silizium und/oder Siliziumdioxid verwendet. Das elektrische Feld zwischen den Elektroden kapazitiver elektromechanischer, mechanoelektrischer, elektroakustischer oder akustoelektrischer Wandler wird mittels einer statisch aufgeladenen Siliziumdioxid-Schicht erzeugt, wobei sich die Siliziumdioxid-Schicht sowohl auf der feststehenden Gegenelektrode als auch auf der Membran befinden kann.

DE 3325961 A1

Patentansprüche

1. Kapazitive Wandler in der Form von Sensoren oder Aktuatoren, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran eine aufgeladene Siliziumdioxid-Schicht enthält.
2. Kapazitive Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran aus einer metallisierten und aufgeladenen Siliziumdioxid-Schicht besteht, die durch einen Luftspalt von einer Rückelektrode getrennt ist.
3. Kapazitive Wandler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückelektrode eines oder mehrere Löcher zur Reduktion der Steifigkeit des Luftvolumens im Luftspalt enthält.
4. Kapazitive Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem selben Substrat, auf dem die Membran aufgebaut ist, elektronische Bauteile implementiert sind.
5. Kapazitive Wandler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran durch ein mikromechanisches Verfahren hergestellt wird.
6. Kapazitive Wandler in der Form von Sensoren oder Aktuatoren, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen Membran und Rückelektrode eine aufgeladene Siliziumdioxid-Schicht befindet.
7. Kapazitive Wandler nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran durch eine Siliziumschicht gebildet wird.
8. Kapazitive Wandler nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückelektrode eines oder mehrere Löcher zur Reduktion der Steifigkeit des Luftvolumens im Luftspalt enthält.

Patentansprüche

1. Kapazitive Wandler in der Form von Sensoren oder Aktuatoren, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran eine aufgeladene Siliziumdioxid-Schicht enthält.
2. Kapazitive Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran aus einer metallisierten und aufgeladenen Siliziumdioxid-Schicht besteht, die durch einen Luftspalt von einer Rückelektrode getrennt ist.
3. Kapazitive Wandler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückelektrode eines oder mehrere Löcher zur Reduktion der Steifigkeit des Luftvolumens im Luftspalt enthält.
4. Kapazitive Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem selben Substrat, auf dem die Membran aufgebaut ist, elektronische Bauteile implementiert sind.
5. Kapazitive Wandler nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran durch ein mikromechanisches Verfahren hergestellt wird.
6. Kapazitive Wandler in der Form von Sensoren oder Aktuatoren, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen Membran und Rückelektrode eine aufgeladene Siliziumdioxid-Schicht befindet.
7. Kapazitive Wandler nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran durch eine Siliziumschicht gebildet wird.
8. Kapazitive Wandler nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückelektrode eines oder mehrere Löcher zur Reduktion der Steifigkeit des Luftvolumens im Luftspalt enthält.

9. Kapazitive Wandler nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine aufgeladene Siliziumdioxid- Schicht fest mit der Rückelektrode verbunden ist.
10. Kapazitive Wandler nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem selben Substrat, auf dem die Membran aufgebaut ist, elektronische Bauteile implementiert sind.
11. Kapazitive Wandler nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran durch ein mikromechanisches Verfahren hergestellt wird.
12. Kapazitive Wandler in der Form eines elektroakustischen oder akustoelektrischen Wandlers, dadurch gekennzeichnet, daß als schwingfähige Platte oder Membran Silizium oder Siliziumdioxid verwendet wird.
13. Kapazitive Wandler nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß sich zwischen Membran und Rückelektrode mit elektrischer Ladung versehenes Siliziumdioxid befindet.
14. Kapazitive Wandler nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß mit elektrischer Ladung versehenes Siliziumdioxid mit der Wandlerrückelektrode mechanisch fest verbunden ist.
15. Kapazitive Wandler nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran eine aufgeladene Siliziumdioxidschicht enthält.
16. Kapazitive Wandler nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß mit elektrischer Ladung versehenes Siliziumdioxid als schwingende Platte oder Membran verwendet wird.
17. Kapazitive Wandler nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückelektrode eines oder mehrere Löcher zur Reduktion der Steifigkeit des Luftvolumens im Luftspalt enthält.

18. Kapazitive Wandler nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem selben Substrat, auf dem die Membran aufgebaut ist, elektronische Bauteile implementiert sind.

19. Kapazitive Wandler nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran durch ein mikromechanisches Verfahren hergestellt wird.

3325961

Kapazitive Wandler auf Siliziumbasis mit Siliziumdioxid- Elektret
=====

KAPAZITIVE WANDLER AUF SILIZIUMBASIS MIT SILIZIUMDIOXID - ELEKTRET

Die Erfindung betrifft elektromechanische, mechanoelektrische, elektroakustische und akustoelektrische Wandler, die nach dem kapazitiven Prinzip und gegebenenfalls mit einem permanent geladenen Dielektrikum arbeiten, wie z.B. Aktuatoren, Drucksensoren, Beschleunigungssensoren, Kopfhörer, Mikrofone usw., die im Fernsprech- und Nachrichtenübertragungswesen, im Rundfunk- und Fernsehbetrieb, in HiFi- Anwendungen, auf dem Phonogebiet, in der Meß- und Regelungstechnik usw. Verwendung finden.

Es ist Zweck dieser Erfindung, zum einen eine bessere Umwandlung von mechanischen in elektrische Signale und umgekehrt zu bewerkstelligen, zum anderen die Unterbringung der Bauteile zur Umwandlung und elektrischer Signalverarbeitung auf einem einzigen Siliziumchip zu ermöglichen.

Kondensatorwandler bestehen aus zwei oder mehr Elektroden, die einen Kondensator bilden, wobei eine Elektrode schwingfähig und z.B. als Membran ausgebildet ist [1]. Um diese Wandler zu betreiben, müssen sie entweder durch eine äußere Gleichspannung oder durch eine entsprechende permanente Aufladung eines zwischen den Elektroden befindlichen Dielektrikums vorgespannt sein. Während früher meist externe Polarisationsspannungen verwendet wurden, sind, von wenigen Ausnahmen abgesehen, in neuerer Zeit die Wandler mit einem permanent geladenen Dielektrikum (Elektret) versehen. Außerdem können die Wandler in einer Hochfrequenzschaltung betrieben werden.

Einen Nachteil der kapazitiven akusto- und mechanoelektrischen Wandler stellt die äußerst hohe Innenimpedanz dar, die sich aus der relativ geringen Wirkkapazität ergibt. Dies bedingt eine hohe Anfälligkeit für Einflüsse von Tot- und Streukapazitäten und erfordert zusätzliche elektronische Bauteile, die unmittelbar an den Elektroden plziert sein müssen. Dadurch war bisher die Reduzierung der Bauteilezahl unter ein bestimmtes Minimum kaum möglich.

-3-
6

Fortschritte in der Silizium- Bearbeitungstechnologie haben es in jünger Zeit möglich gemacht, auf Siliziumbasis mechoelektrische Sensoren herzustellen, bei denen die elektronischen Bauteile direkt in den Sensor integriert sind. Als Beispiel sei hier auf die Literaturstellen [2,3] verwiesen. Diese sogenannten "integrierten Sensoren" arbeiten z.T. nach dem kapazitiven Prinzip und benötigen externe Vorspannungen, Oszillatorkreise oder andere Komponenten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, unter Verwendung von Silizium-Bearbeitungstechnologien elektromechanische, mechoelektrische, elektroakustische und akustoelektrische Wandler nach dem kapazitiven Prinzip herzustellen, bei denen gegebenenfalls Siliziumdioxid als Elektret verwendet wird.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß ein auf eine Siliziumscheibe aufgebracht Siliziumdioxid-Film (oder eine durch entsprechende Dotierung ätzresistente Siliziumschicht) derart unterätzt wird, daß als Resultat eine schwingfähige Platte oder Membran zurückbleibt. Bei Verwendung einer Silizium-Membran befindet sich das Siliziumdioxid auf der feststehenden Gegen- oder Rückelektrode. Auf das Siliziumdioxid können in beiden Fällen durch eine geeignete Aufladungsmethode (z.B. Elektronenstrahlauladung) elektrische Ladungen aufgebracht werden. Die Oberseite der Membran wird metallisiert.^{Al} Der zwischen Gegenelektrode und Platte oder Membran entstandene Luftspalt kann durch ein geätztes oder durch andere Maßnahmen erzeugtes Loch in der Gegenelektrode eine Verbindung zu einem im Vergleich zum Luftspalt größeren Rückvolumen erhalten um die Steifigkeit des Luftvolumens im Luftspalt zu reduzieren.

Das auf diese Weise entstandene Gebilde ist in der Lage, als Kondensatorwandler, bzw. bei Ausnutzung der ladungsspeichernden Eigenschaft von Siliziumdioxid als Elektret-Kondensatorwandler zu arbeiten.

Ein Beispiel des dargestellten Aufbaus ist in Abb. 1 wiedergegeben. Es wird von einer p-leitenden Siliziumscheibe ausgegangen, deren eine Seite hoch dotiert wird (z.B. Ionenimplantation). Auf diese dotierte Schicht wird

7

eine weitere Siliziumschicht aufgebracht (z.B. Epitaxieprozeß). Als nächster Schritt erfolgt eine Oxidation dieser Schicht. Durch bekannte kristallorientierungsabhängige Ätzverfahren wird die Siliziumdioxidschicht unterätzt. Durch das gleiche Ätzverfahren kann ein Verbindungsloch zu dem entstehenden Luftspalt durch die Siliziumscheibe bewerkstelligt werden. Nachdem alle für die Ätzschritte erforderlichen Öffnungen (Ätzfenster) in der Oxidplatte verschlossen wurden, wird diese metallisiert. Der Wandler wird in einem Gehäuse untergebracht, das auch ein zusätzliches Rückvolumen bilden kann. Durch ein geeignetes Aufladungsverfahren werden auf die Oxidschicht elektrische Ladungen aufgebracht, so daß der Wandler ohne externe Polarisationsspannung arbeitet.

Ein ähnlicher Aufbau wie der in Abb.1 dargestellte, bei dem jedoch die Membran durch eine dotierte Siliziumschicht gebildet wird und sich die aufgeladene Siliziumdioxid-Schicht auf der Gegenelektrode befindet, kann folgendermaßen bewerkstelligt werden: Die Siliziumscheibe wird im Bereich der zu formenden Membran (z.B. durch Ätzen) auf die gewünschte Wandlerdicke reduziert. Die durch die Ätzung entstandene Wandleroberseite wird dotiert, die Rückseite der Scheibe oxidiert. Durch geeignete Öffnungen im Oxid kann mittels eines Ätzverfahrens zwischen der dotierten Schicht und dem Oxid ein Luftspalt geschaffen werden, wobei die dotierte Schicht als Membran erhalten bleibt. Schließlich kann die Siliziumdioxid-Schicht durch eines der üblichen Verfahren aufgeladen werden.

Grundsätzlich besteht auch bei den hier beschriebenen Wandlern die Möglichkeit, auf die statische Aufladung des Oxids zu verzichten und die Wandler mit externer Vorspannung, Oszillatorkreis usw. zu betreiben.

Die mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Wandler wie Resonanzfrequenz und Empfindlichkeit werden festgelegt durch die geometrischen Abmessungen, d.h. durch die Membran- oder Plattenfläche, durch die Dicke der Membran, die Höhe des Luftspaltes, durch die Abmessungen des Loches und die Größe des Rückvolumens sowie durch die Größe der auf das Oxid aufgetragenen Ladung. Durch entsprechende Gestaltung kann die Resonanzfrequenz bis in den hohen Ultraschallbereich gelegt werden.

Ein Vorteil der Wandler ist die Reduzierung der benötigten zusätzlichen Teile auf geeignete Gehäuse. Diese Tatsache, zusammen mit der Möglichkeit, auf einer Siliziumscheibe eine große Anzahl Wandler gleichzeitig herzustellen, führt zu einer kostengünstigen Produktion.

Bei den Wandlern mit aufgeladener Oxidschicht ergibt sich ein weiterer Vorteil durch den Wegfall der bei anderen kapazitiven Wandlern notwendigen Signalerzeugungskomponenten (z.B. Vorspannung oder Oszillatorkreis).

Desweiteren besteht die Möglichkeit, auf die Siliziumscheibe elektronische Schaltungen wie Impedanzwandler, Verstärker etc. zu integrieren, wodurch das Ausgangssignal des Wandlers den jeweiligen Erfordernissen angepaßt werden kann. Durch den kompakten Aufbau, der die signalverarbeitende Elektronik bereits enthält, werden die Einflüsse von Totkapazitäten und die Einstreuung elektrischer Störungen auf ein Minimum gebracht.

Einen großen Vorteil im Vergleich zu konventionellen Wandlern stellt die Miniaturisierbarkeit des Wandlers dar, welche Anwendungsmöglichkeiten eröffnet, die den bisherigen Wandlern verschlossen blieben.

Literatur

- [1] Meyer, E./Neumann, E.G.: Physikalische und technische Akustik. 3.Aufl. Braunschweig: Vieweg 1979, S.240
- [2] Petersen, K.E./Shartel, A./Raley, N.F.: Micromechanical Accelerometer with MOS Detection Circuitry. IEEE Trans. on Electron Devices ED-29 (1982), S. 23-27
- [3] Petersen, K.E.: Silicon as a Mechanical Material. Proceedings of the IEEE 70 (1982), S.420-457

-10-
- Leerseite -

16
-M-

Nummer:
Int. Cl.³:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

33 25 961
H 04 R 17/00
19. Juli 1983
31. Januar 1985

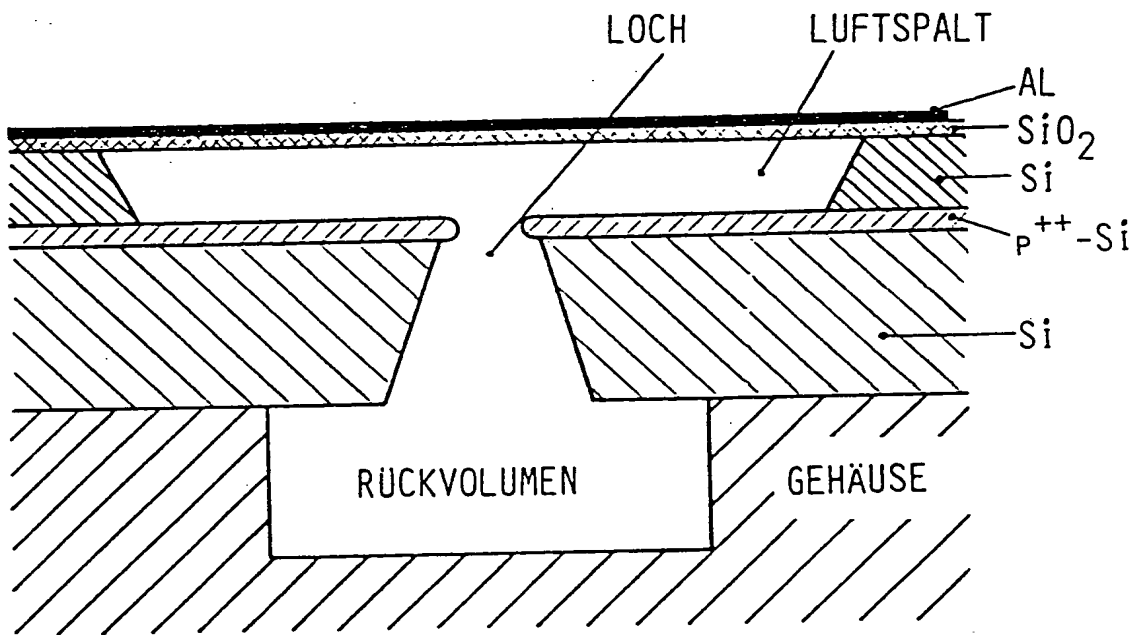


Abb. 1